

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Januar 2004 (08.01.2004)

PCT

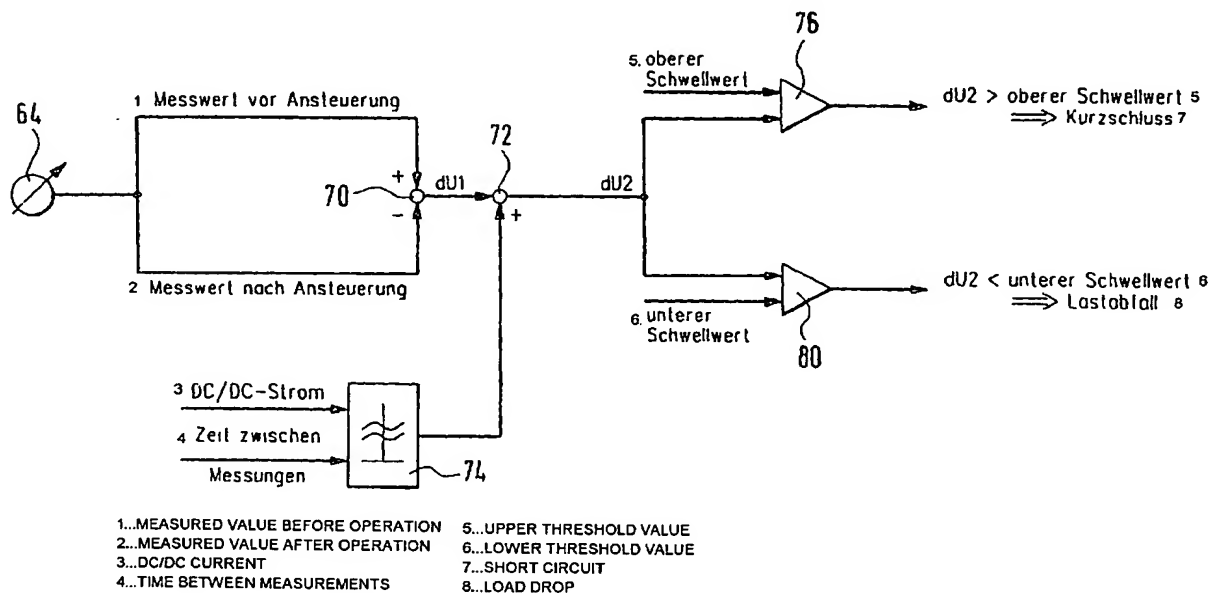
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/003365 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation?: F02D 41/22, 41/20, H01L 41/04
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/001762
- (22) Internationales Anmeldedatum: 30. Mai 2003 (30.05.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 102 29 394.5 29. Juni 2002 (29.06.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RUEGER, Johannes-Joerg [DE/AT]; Trauttmansdorffgasse 19/1, A-1130 Wien (AT). SCHULZ, Udo [DE/DE]; Kornblumenweg 34, 71665 Vaihingen/Enz (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD, COMPUTER PROGRAMME, AND CONTROL OR REGULATION DEVICE FOR THE OPERATION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, COMPUTERPROGRAMM, STEUER- UND/ODER REGELGERÄT ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: An internal combustion engine operates with a fuel system in which the amount of fuel reaching a combustion chamber depends on an operation of a piezo actuator in an injection valve. The operation energy (dU2) for the piezo actuator is produced from a buffer store. According to the invention, the function of the operation can be monitored whereby the potential difference (dU1, 70) of the buffer store resulting on an operation of the piezoactuator is at least periodically approximately determined and used for a comparison with at least one threshold value (76, 80).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Brennkraftmaschine arbeitet mit einem Kraftstoffsystem, bei dem eine in einen Brennraum gelangende Kraftstoffmenge von einer Ansteuerung eines Piezoaktors eines Einspritzventils abhängt. Die Ansteuerenergie (dU_2) für den Piezoaktor wird von einem Pufferspeicher bereitgestellt. Um die Funktion der Ansteuerung überwachen zu können, wird vorgeschlagen, dass wenigstens zeitweise die sich bei einer Ansteuerung des Piezoaktors ergebende Potentialdifferenz (dU_1 , 70) des Pufferspeichers wenigstens in etwa ermittelt und für einen Vergleich mit mindestens einem Grenzwert verwendet wird (76, 80).

5

VERFAHREN, COMPUTERPROGRAMM, STEUER- UND/ODER REGELGERÄT ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

10

15

Beschreibung

20 Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem eine in einen Brennraum gelangende Kraftstoffmenge von einer Ansteuerung eines Piezoaktors eines Einspritzventils abhängt, dessen Ansteuerenergie von einem Pufferspeicher bereitgestellt
25 wird.

Ein solches Verfahren ist aus der EP 1 138 917 A1 bekannt. In dieser wird ein Kraftstoff-Einspritzsystem einer Brennkraftmaschine beschrieben, welches einen Piezoaktor
30 umfasst. Mit ihm wird die Kraftstoffmenge, die eingespritzt werden soll, gesteuert. Dies geschieht dadurch, dass der Piezoaktor mittels einer Treiberschaltung geladen und entladen wird. Durch das Laden dehnt sich der Piezoaktor aus und bewegt ein mit ihm gekoppeltes Ventilelement. Beim
35 Entladen verkürzt sich der Piezoaktor wieder.

Die Energie zum Laden des Piezoaktors wird von einem Pufferkondensator bereitgestellt. Dieser wird von einer Gleichstromquelle nachgeladen. Die bei einer Entladung des
5 Piezoaktors aus diesem abströmende Energie wird in den Pufferkondensator zurückgespeist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden,
10 dass eine sichere und einfache Überwachung der korrekten Funktion des Einspritzsystems möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass wenigstens zeitweise die
15 sich bei einer Ansteuerung des Piezoaktors ergebende Potentialdifferenz des Pufferspeichers wenigstens in etwa ermittelt und für einen Vergleich mit mindestens einem Grenzwert verwendet wird.

20 Vorteile der Erfindung

Mit der vorliegenden Erfindung kann die korrekte Funktion des Kraftstoff-Einspritzsystems permanent und ohne Zusatzaufwand überwacht werden. Dies geschieht durch eine
25 Überwachung der Ansteuerung, also des Ladens und Entladens, des Piezoaktors. Beim Piezoaktor handelt es sich um ein zentrales Teil des Kraftstoffeinspritzsystems, denn mit ihm wird letztlich die in den Brennraum gelangende Kraftstoffmenge eingestellt. Seine korrekte Funktion ist
30 also für das gesamte Kraftstoffeinspritzsystem von zentraler Bedeutung.

Der Erfindung liegt dabei der Gedanke zugrunde, dass der Betrieb des Piezoaktors sehr gut dadurch überwacht werden
35 kann, dass die elektrische Energie erfasst wird, welche bei

einer Ansteuerung an den Piezoaktor übertragen bzw. von ihm abgegeben wird. Basis hierfür ist wiederum, dass ein Piezoaktor, anders als bspw. ein Magnetaktor, nur für die eigentliche Längenänderung angesteuert wird, wohingegen im stationären Zustand des Piezoaktors keine elektrische Energie fließt. Üblicherweise wird dem Piezoaktor für eine Vergrößerung seiner Länge elektrische Energie zugeführt und für eine Verkürzung seiner Länge eine in ihm gespeicherte elektrische Energie wieder abgeführt.

Die elektrische Energie, die dem Piezoaktor zu einer Betätigung zugeführt wird, wird von einem Pufferspeicher bereitgestellt, und in diesen Pufferspeicher wird bei einer entsprechenden Betätigung des Piezoaktors die elektrische Energie wieder zurückgeführt. Üblicherweise handelt es sich bei dem Pufferspeicher um einen Pufferkondensator. Indem die elektrische Ladung des Pufferspeichers vor und nach einer Ansteuerung des Piezoaktors erfasst wird, kann mit guter Genauigkeit die dem Piezoaktor tatsächlich zugeführte bzw. die von ihm tatsächlich abgeführte elektrische Energie bestimmt werden. Die ermittelte elektrische Energie wird dann mit einem Soll- bzw. Grenzwert verglichen. Auf diese Weise ist eine Bewertung der Funktionsfähigkeit des Piezoaktors schnell und einfach und während des Betriebs des Kraftstoffeinspritzsystems möglich.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

In einer ersten Weiterbildung heißt es, dass eine elektrische Energie, mit der der Pufferspeicher zwischen den Zeitpunkten der Ermittlung seines Potentials geladen wird, bestimmt und bei der Ermittlung einer tatsächlich zwischen Piezoaktor und Pufferspeicher ausgetauschten elektrischen Ladung berücksichtigt wird. Im Allgemeinen

wird der Pufferspeicher von einem DC/DC-Wandler gespeist. Dieser DC/DC-Wandler lädt den Pufferspeicher in der Zeit zwischen den Messungen ggf. nach. Die tatsächlich an den Piezoaktor abgegebene oder von diesem zurückgeflossene elektrische Energie kann daher mit noch höherer Genauigkeit ermittelt werden, wenn bei der Ermittlung der aus der Ansteuerung des Piezoaktors resultierenden Potentialdifferenz des Pufferspeichers die ggf. vom DC/DC-Wandler in den Pufferspeicher geflossene elektrische Energie berücksichtigt wird.

In konkreter Ausgestaltung wird hierzu vorgeschlagen, dass die Energie, mit der der Pufferspeicher geladen wird, zu der Potentialdifferenz addiert bzw. von ihr subtrahiert und das Additionsergebnis bzw. das Subtraktionsergebnis für den Vergleich mit dem mindestens einen Grenzwert verwendet wird.

Programmiertechnisch einfach zu realisieren ist ein Verfahren, bei dem die Energie, mit der der Pufferspeicher geladen wird, anhand eines Kennfelds abgeschätzt wird, in welches ein Speisestrom und eine Zeitdauer zwischen den zwei Ermittlungen des Potentials des Pufferspeichers eingespeist wird.

Alternativ hierzu ist es auch möglich, dass ein Laden des Pufferspeichers für die Bestimmung des Pufferspeichers deaktiviert wird. Dies ist von Zeit von Zeit möglich, wenn der Pufferspeicher eine ausreichend hohe Kapazität aufweist. In diesem Fall kann bspw. auf die Programmierung eines Kennfeldes verzichtet werden, und es werden dennoch genaue Ergebnisse erzielt.

Besonders bevorzugt ist es, wenn dann, wenn die Potentialdifferenz des Piezoaktors gleich wie oder größer

als ein erster Grenzwert ist, ein einem Kurzschluss
entsprechender Fehlereintrag erfolgt und/oder eine einem
Kurzschluss entsprechende Aktion eingeleitet wird. Dem
liegt der Gedanke zugrunde, dass bei einem Kurzschluss
5 zusätzlich zum Lade- oder Entladestrom noch ein Strom über
den jeweiligen Kurzschlusspfad fließt. Daher entlädt sich
der Pufferspeicher bzw. der Piezoaktor stärker als im
Normalfall, und die Differenz der erfassten Potentiale ist
dann mindestens gleich oder größer als der erste Grenzwert.
10 Mit diesem Verfahren kann also nicht nur eine Fehlfunktion
an sich erkannt, sondern die Fehlfunktion auch qualifiziert
werden.

In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass dann, wenn
15 die Potentialdifferenz des Piezoaktors gleich wie oder
kleiner als der erste Grenzwert und gleich wie oder kleiner
als ein zweiter Grenzwert ist, ein einem Lastabfall
entsprechender Fehlereintrag erfolgt und/oder eine einem
Lastabfall entsprechende Aktion eingeleitet wird. Mit dem
20 erfindungsgemäßen Verfahren ist also die Unterscheidung
zwischen unterschiedlichen Fehlerursachen möglich, was
erhebliche Vorteile im Hinblick auf die im Fehlerfalle zu
treffenden Maßnahmen hat.

25 Die Erfindung geht dabei davon aus, dass bei einem
Lastabfall bei einer Ansteuerung des Piezoaktors letztlich
kein Strom fließt, so dass sich die Spannung des
Pufferspeichers nicht oder zumindest nicht wesentlich
verändert. Die Differenz zwischen den beiden erfassten
30 Potentialen des Pufferspeichers (vor bzw. nach einer
Ansteuerung des Piezoaktors) liegt damit unterhalb dieses
Grenzwerts.

Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches
35 zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn

es auf einem Computer ausgeführt wird. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory abgespeichert ist.

- 5 Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Bei diesem wird besonders bevorzugt, wenn es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 8 oder 9 abgespeichert ist.

10

Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Brennkraftmaschine, welche ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

15 **Zeichnung**

Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail
20 erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffsystems mit mehreren nach einer ersten Ausführungsart ausgebildeten Einspritz-Ventilen;

25

Figur 2 einen Teilschnitt durch eines der Einspritzventile von Fig. 1;

Figur 3 ein Strukturbild eines Verfahrens zum Betreiben des Kraftstoffsystems von Fig. 1;

30

Figur 4 ein dem Strukturbild von Fig. 3 entsprechendes Flussdiagramm; und

35 Figur 5 einen Schnitt durch eine andere Ausführungsart

eines Einspritzventils.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

5 In Fig. 1 trägt ein Kraftstoffsystem insgesamt das
Bezugszeichen 10. Es umfasst einen Kraftstoffbehälter 12,
aus dem eine elektrische Kraftstoffpumpe 14 den Kraftstoff
zu einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 16 fördert. Diese speist
eine Kraftstoff-Sammelleitung 18 ("Rail"), in der der
10 Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist.

An die Kraftstoff-Sammelleitung 18 sind mehrere Kraftstoff-
Einspritzventile 20 angeschlossen. Sie spritzen den
Kraftstoff direkt in Brennräume 22 einer Brennkraftmaschine
15 (weiter nicht dargestellt) ein. Die Kraftstoff-
Einspritzventile werden von einem Steuer- und Regelgerät 24
angesteuert.

Der Aufbau eines Kraftstoff-Einspritzventils 20 ist in Fig.
20 2 dargestellt. Danach umfasst das Kraftstoff-
Einspritzventil 20 ein Gehäuse 26 mit einer Sackloch-
Stufenbohrung 28. An deren oberem Ende ist ein Piezoaktor
30 angeordnet, der mit einem Kolben 32 verbunden ist. Der
Kolben 32 begrenzt einen Arbeitsraum 34 eines hydraulischen
25 Umsetzers. Teil des hydraulischen Umsetzers ist auch ein
Kolben 36, der mit einem kugelförmigen Ventilelement 38
verbunden ist. Der Kolben 36 hat einen kleineren
Durchmesser als der Kolben 32 und ist im Gehäuse dicht
geführt.

30 Das Ventilelement 38 arbeitet mit einem in Fig. 2 oberen
Ventilsitz 40 und mit einem in Fig. 2 unteren Ventilsitz 42
zusammen. Die Ventilsitze 40 und 42 begrenzen bereichsweise
einen Hohlraum 44, der über eine Drossel (ohne
35 Bezugszeichen) mit einem Steuerraum 46 verbunden ist.

Dieser ist wiederum über eine Drossel (ohne Bezugszeichen) und eine Druckleitung 47 mit der Kraftstoff-Sammelleitung 18 verbunden. Der Steuerraum 46 wird in Figur 2 nach unten hin von einer Ventilnadel 48 begrenzt. Ein Kanal 50
5 verbindet die Kraftstoff-Sammelleitung 18 mit einem im Bereich des unteren Endes der Ventilnadel 48 vorhandenen Druckraum (nicht sichtbar).

Das Kraftstoff-Einspritzventil 20 arbeitet folgendermaßen:
10 Über eine weiter unten noch näher erläuterte Einrichtung kann der Piezoaktor 30 geladen und wieder entladen werden. Im entladenen Zustand ist die Längserstreckung des Piezoaktors 30 kürzer als im geladenen Zustand. Der Zustand mit der kürzeren Längserstreckung wird nachfolgend der
15 Einfachheit halber als "kurz ", der Zustand mit maximaler Längserstreckung nachfolgend der Einfachheit halber als "lang" bezeichnet.

Wenn sich der Piezoaktor 30 in seinem kurzen oder langen
20 Zustand befindet, sitzt das Ventilelement 38 am Ventilsitz 40 bzw. am Ventilsitz 42. In beiden Fällen hält der von der Kraftstoff-Sammelleitung 18 über die Druckleitung 47 in den Steuerraum 46 übertragene hydraulische Druck die Ventilnadel 48 in ihrer geschlossenen Position. Daher kann
25 kein Kraftstoff aus dem Kraftstoff-Einspritzventil 20 austreten.

Wenn jedoch der Piezoaktor 30 angesteuert wird, so dass er sich entweder aus seiner kurzen in die lange oder aus der
30 langen in die kurze Position bewegt, liegt das Ventilelement 38 weder am Ventilsitz 40 noch am Ventilsitz 42 an. Dies führt zu einem Druckabfall im Steuerraum 46 und letztlich zu einer Druckdifferenz zwischen dem oberen Ende und dem unteren Ende der Ventilnadel 48. In der Folge
35 bewegt sich die Ventilnadel in Fig. 2 nach oben und gibt

den Weg für den Kraftstoff aus dem Kanal 50 frei.
Kraftstoff kann somit aus dem Kraftstoff-Einspritzventil 20 in den entsprechenden Brennraum 22 austreten.

- 5 Die Ansteuerung des Piezoaktors 30 erfolgt durch eine elektronische Schaltung 52, von der einige Komponenten in Fig. 2 dargestellt sind. Eine Spannungsquelle 54 stellt eine Gleichspannung zur Verfügung, welche in einem DC/DC-Wandler 56 den jeweiligen Erfordernissen entsprechend
- 10 umgewandelt wird. Mit der vom DC/DC-Wandler 56 bereitgestellten elektrischen Energie wird ein Kondensator 58 geladen. Dieser wirkt als Pufferspeicher für die dem Piezoaktor 30 zuzuführende bzw. von ihm abzuführende elektrische Energie. Über einen Ladeschalter 60 und einen
- 15 Entladeschalter 62 kann der Kondensator 58 mit dem Piezoaktor 30 verbunden werden. Die im Kondensator 58 gespeicherte elektrische Ladung wird von einer Messschaltung 64 erfasst.
- 20 Im Ruhezustand sind der Ladeschalter 60 und der Entladeschalter 62 beide geöffnet, es fließt also kein Strom zwischen Piezoaktor 30 und Pufferkondensator 58. Um den Piezoaktor 30 von seinem kurzen Zustand in den langen Zustand zu bringen, muss er elektrisch geladen werden.
- 25 Hierzu wird der Ladeschalter 60 geschlossen. Der Entladeschalter 62 bleibt geöffnet. Somit fließt Strom vom Pufferkondensator 58 zum Piezoaktor 30. Sobald der Piezoaktor 30 die gewünschte Endlage erreicht hat, bleibt der Ladeschalter 60 wieder geöffnet.
- 30 Um den Piezoaktor 30 von der langen in die kurze Position zu bringen, muss die im Piezoaktor 30 vorhandene elektrische Ladung wieder abgeführt werden. Hierzu wird, bei geöffnetem Ladeschalter 30, der Entladeschalter 62
- 35 geschlossen. Die im Piezoaktor 30 gespeicherte elektrische

Ladung wird auf diese Weise in den Kondensator 58 zurückgeführt.

Es versteht sich, dass der Ladeschalter und der
5 Entladeschalter 62 während einer Betätigung üblicherweise
nicht ständig geschlossen sind, sondern nur kurzzeitig
geschlossen und dann wieder geöffnet werden, wobei dann der
Ladezustand des Piezoaktors 30 erfasst und ggf. der
Ladeschalter 60 bzw. der Entladeschalter 62 nochmals
10 kurzzeitig geschlossen wird. Dieser Vorgang wird so lange
wiederholt, bis der Piezoaktor 30 die gewünschte Ladung
aufgenommen bzw. die Ladung wieder abgegeben hat. Die
Details hierzu sind in der EP 1 138 917 A1 beschrieben, auf
die hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird.

15 Um die Ansteuerung des Piezoaktors 30 überwachen zu können,
wird entsprechend dem in den Fig. 3 und 4 dargestellten
Verfahren vorgegangen: Von der Messschaltung 64 wird der
Ladezustand des Pufferkondensators 58 vor einer Ansteuerung
20 (Bezugszeichen 66) und nach einer Ansteuerung
(Bezugszeichen 68) erfasst. Unter dem Begriff "Ansteuerung"
kann hierbei ein Laden des Piezoaktors 30 und ein
entsprechendes Entladen des Pufferspeichers 58 oder auch
ein Entladen des Piezoaktors 30 und ein entsprechendes
25 Laden des Pufferkondensators 58 verstanden werden. In 70
wird die Differenz dU_1 zwischen den Messwerten vor und nach
der Ansteuerung gebildet.

In 72 wird ein Korrekturwert zu der in 70 bestimmten
30 Differenz dU_1 hinzu addiert. Dieser Korrekturwert wird
anhand eines Kennfelds 74 bestimmt, in welches einerseits
die Zeit zwischen den beiden Messungen (Bezugszeichen 66
und 68) und andererseits der vom DC/DC-Wandler zum
Pufferkondensator 58 abgeflossene Strom eingespeist wird.
35 Die sich aus dem Block 72 ergebende Potentialdifferenz dU_2

entspricht somit der tatsächlich vom Pufferkondensator 58 zum Piezoaktor 30 abgeflossenen bzw. vom Piezoaktor 30 zum Pufferkondensator 58 zurückgeflossenen Energie. Durch das Kennfeld 74 wird nämlich berücksichtigt, dass in dem Zeitraum, welcher zwischen der Erfassung des Potentials des Pufferkondensators 58 vor einer Ansteuerung und des Potentials nach einer Ansteuerung liegt, der Pufferkondensator 58 von dem DC/DC-Wandler 56 nachgeladen wird.

Die Potentialdifferenz dU_2 wird in einen ersten Komparator 76 eingespeist, in dem die Potentialdifferenz dU_2 mit einem oberen Schwellenwert verglichen wird. Liegt die Potentialdifferenz dU_2 oberhalb dieses oberen Schwellenwerts, bedeutet dies, dass mehr Strom zwischen dem Pufferkondensator 58 und dem Piezoaktor 30 hin- bzw. hergeflossen ist als im Normalfall zu erwarten ist. Dies ist ein Indiz für einen Kurzschluss, da in diesem Fall zusätzlich zum normalen Ladestrom noch ein Strom über den entsprechenden Kurzschlusspfad fließt. Es erfolgt dann ein entsprechender Fehlereintrag bzw. eine Aktion (bspw. eine Abschaltung der Ansteuerung einzelner Zylinder oder des gesamten Systems). Der entsprechende Block trägt in Fig. 1 das Bezugszeichen 78.

Die Potentialdifferenz dU_2 wird auch in einen zweiten Komparator 80 eingespeist und dort mit einem unteren Schwellenwert verglichen. Ist die Potentialdifferenz dU_2 kleiner als der untere Schwellenwert, ist dies ein Indiz für einen Lastabfall. In diesem Fall fließt nämlich bei der Ansteuerung des Piezoaktors 30 kein Strom vom Kondensator 58 zum Piezoaktor 30 bzw. zurück, die Spannung des Pufferkondensators 58 ändert sich also nicht oder zumindest nicht wesentlich. Es erfolgt dann ein entsprechender Fehlereintrag und eine entsprechende Aktion (Block 82).

In Figur 5 ist eine weitere Ausführungsart eines Einspritzventils dargestellt. Dabei tragen solche Elemente und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu Elementen des in Figur 2 dargestellten Einspritzventils haben, die gleichen Bezugszeichen und sind nicht nochmals im Detail beschreiben.

Im Gegensatz zu dem Einspritzventil von Figur 2 ist jenes von Figur 5 nicht doppelt, sondern einfach schaltend. Dies heißt, dass die das Ventilelement 38 nur in einer Schaltstellung an einem Ventilsitz 40 anliegt. Wenn es von dem Ventilsitz 40 abhebt, blockiert es einen fluidisch zwischen einem Hochdruckbereich 47 und dem Hohlraum 44 liegende Bypasskanal 84 (dieser Zustand ist in Figur 5 dargestellt). Somit sinkt über einen Niederdruckkanal 88 der Druck im Hohlraum 44 und, über einen Drosselkanal 86, auch im Steuerraum 46, was zu einer entsprechenden Öffnungsbewegung der Ventilnadel 48 führt.

Wenn das Ventilelement 38 wieder in Anlage an den Ventilsitz 40 kommt, wird die Verbindung des Hohlraums 44 mit dem Niederdruckbereich 88 wieder unterbrochen, und die Bypassleitung 84 wird wieder freigegeben. Hierdurch steigt der Druck im Hohlraum 44 wieder auf Hochdruckniveau (Bereich 47). Die Befüllung des Steuerraums 46 auf Hochdruckniveau erfolgt vergleichsweise zügig einerseits durch den Drosselkanal 86 zwischen Hohlraum 44 und Steuerraum 46 und andererseits durch einen fluidisch zwischen Hochdruckbereich 47 und Steuerraum 46 angeordneten Drosselkanal 90.

5

10

Ansprüche

- 15 1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem eine in einen Brennraum (22) gelangende Kraftstoffmenge von einer Ansteuerung (67) eines Piezoaktors (30) eines Einspritzventils (20) abhängt, dessen Ansteuerenergie ($dU2$) von einem Pufferspeicher (58) bereitgestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zeitweise die sich bei
20 einer Ansteuerung (67) des Piezoaktors (30) ergebende Potentialdifferenz ($dU1$) des Pufferspeichers (58) wenigstens in etwa ermittelt (70, 72) und für einen Vergleich mit mindestens einem Grenzwert verwendet wird (76, 80).
- 25 2. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrische Energie, mit der der Pufferspeicher (58) zwischen den Zeitpunkten der Ermittlung seines Potentials geladen wird, bestimmt und bei der Ermittlung einer tatsächlich zwischen Piezoaktor (30)
30 und Pufferspeicher (58) ausgetauschten Ladung ($dU2$) berücksichtigt wird (72).
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Energie, mit der der Pufferspeicher (58) geladen wird, zu der erfassten Potentialdifferenz ($dU1$) addiert

bzw. von ihr subtrahiert (72) und das Additionsergebnis (dU2) bzw. das Subtraktionsergebnis für den Vergleich (76, 80) mit dem mindestens einen Grenzwert verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Energie, mit der der Pufferspeicher (58) geladen wird, anhand eines Kennfelds (74) abgeschätzt wird, in welches ein Speisestrom und eine Zeitdauer zwischen den zwei Ermittlungen des Potentials des Pufferspeichers (58) eingespeist wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Laden des Pufferspeichers für die Bestimmung der Potentialdifferenz des Pufferspeichers deaktiviert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn die Potentialdifferenz (dU2) des Piezoaktors (30) gleich wie oder größer als ein erster Grenzwert ist, ein einem Kurzschluss entsprechender Fehlereintrag erfolgt und/oder eine entsprechende Aktion eingeleitet wird (78).

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn die Potentialdifferenz (dU2) des Piezoaktors (30) gleich wie oder kleiner als der erste Grenzwert und gleich wie oder kleiner als ein zweiter Grenzwert ist, ein einem Lastabfall entsprechender Fehlereintrag erfolgt und/oder eine entsprechende Aktion eingeleitet wird (82).

8. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.

9. Computerprogramm nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

10. Steuer- und/oder Regelgerät (24) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass es einen
5 Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 8 oder 9 abgespeichert ist.

11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät
10 (24) nach Anspruch 10 umfasst.

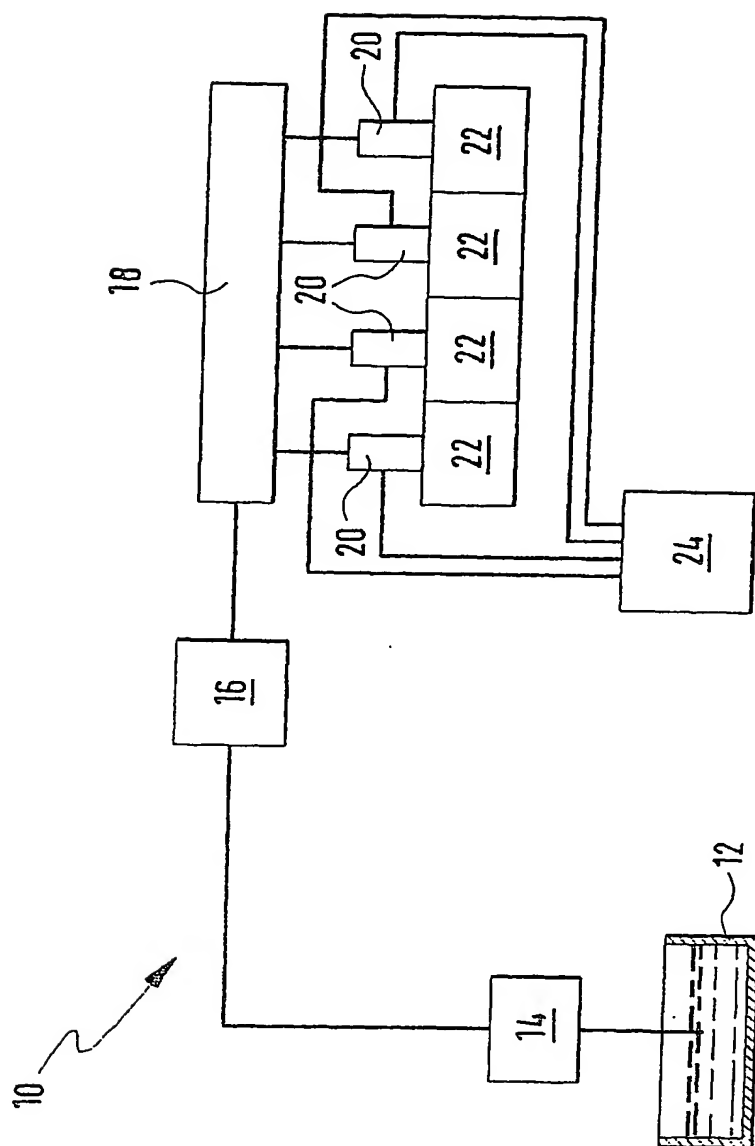


Fig. 1

2 / 5

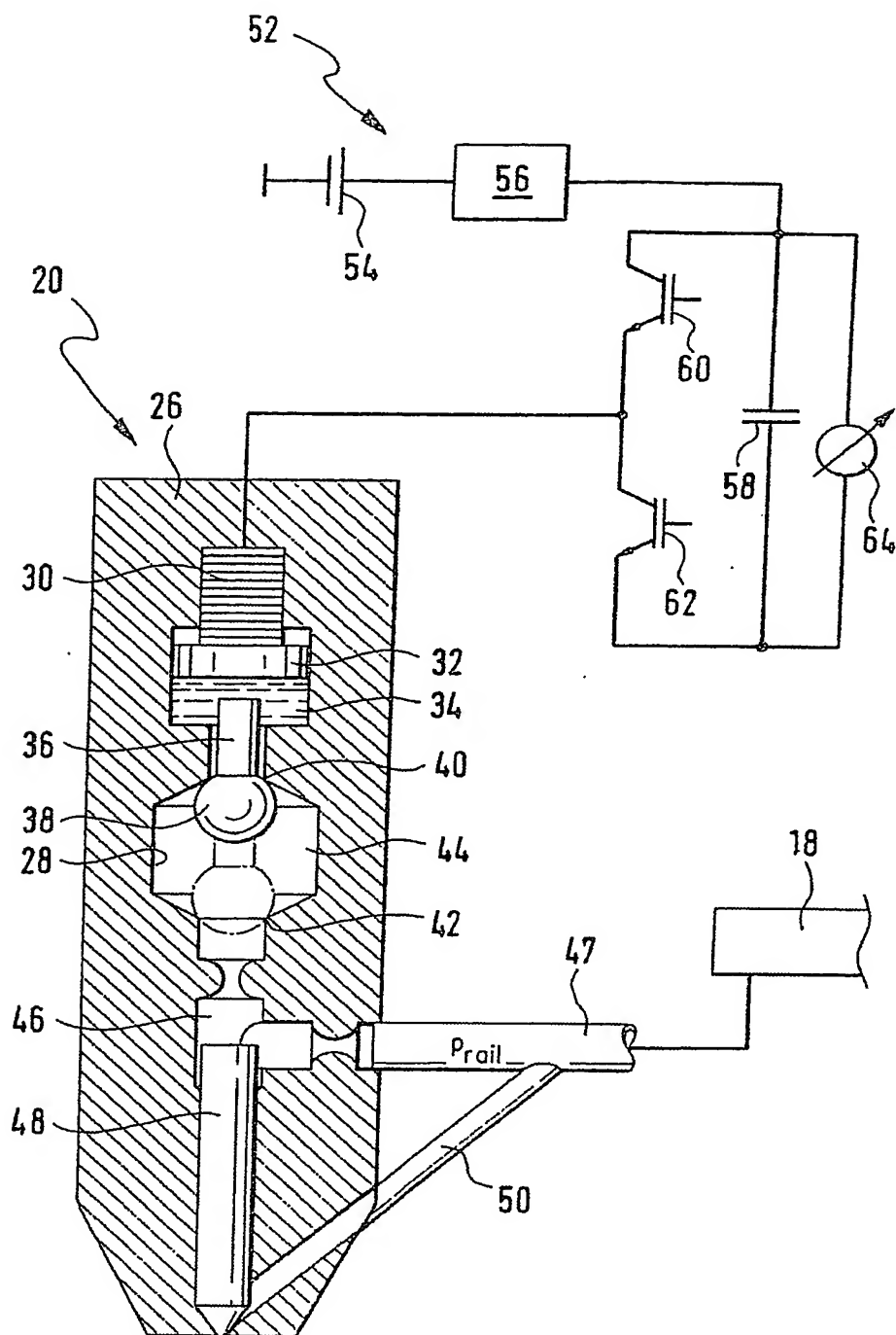


Fig. 2

3 / 5

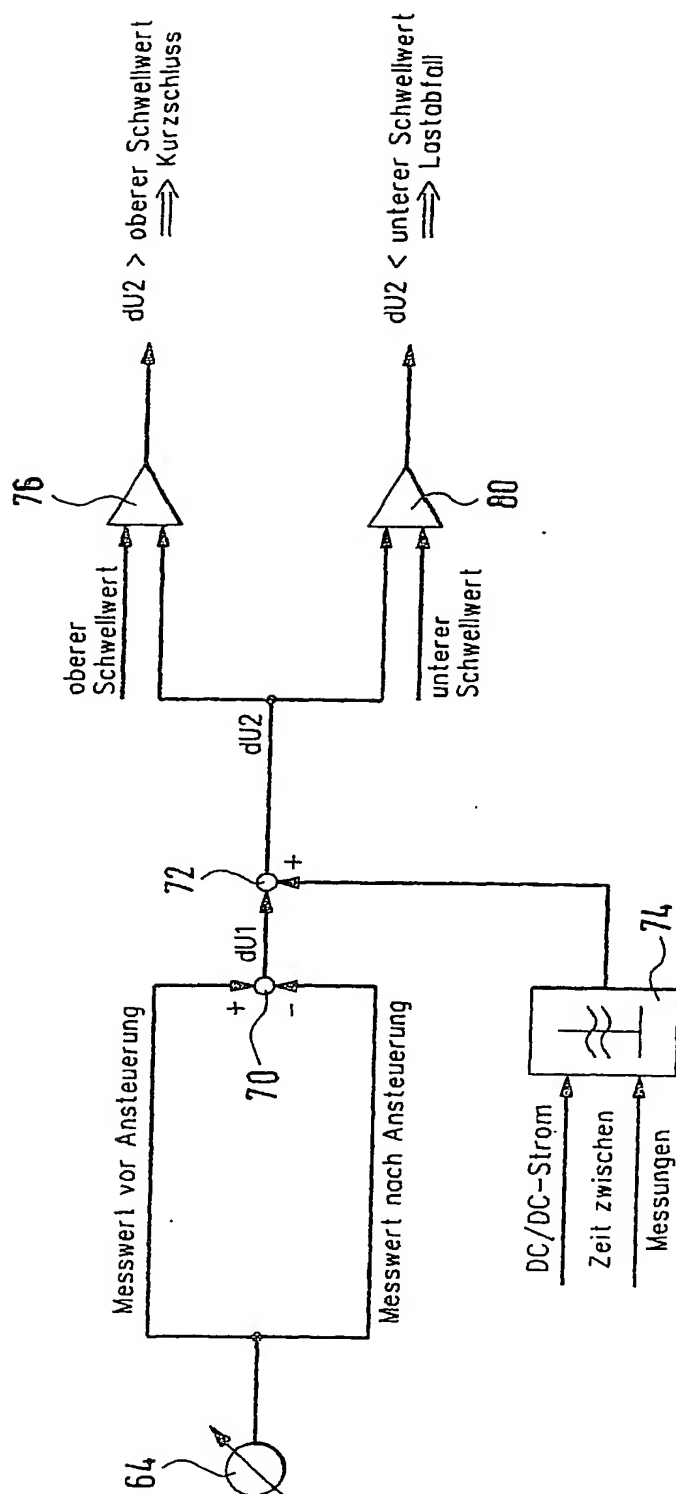


Fig. 3

4 / 5

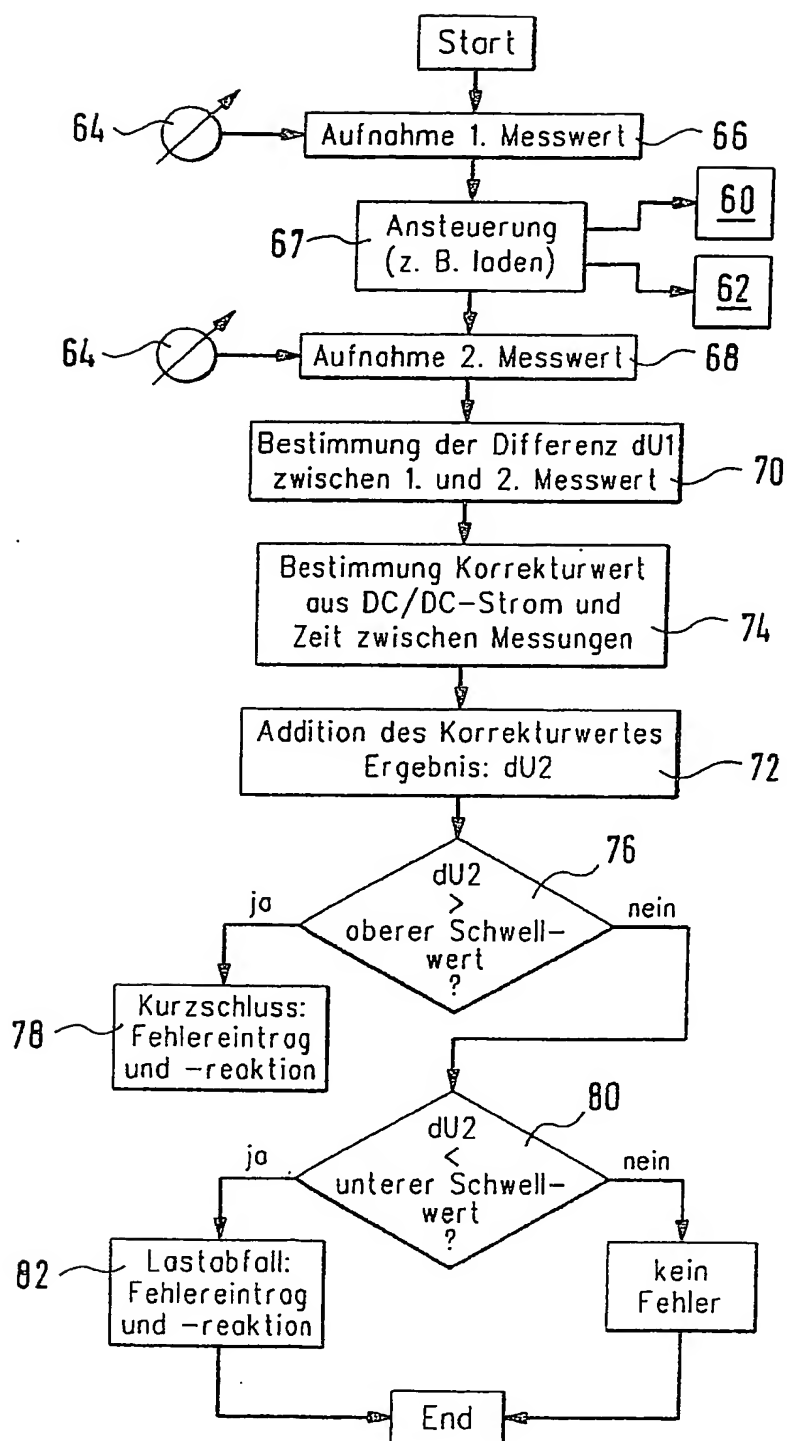


Fig. 4

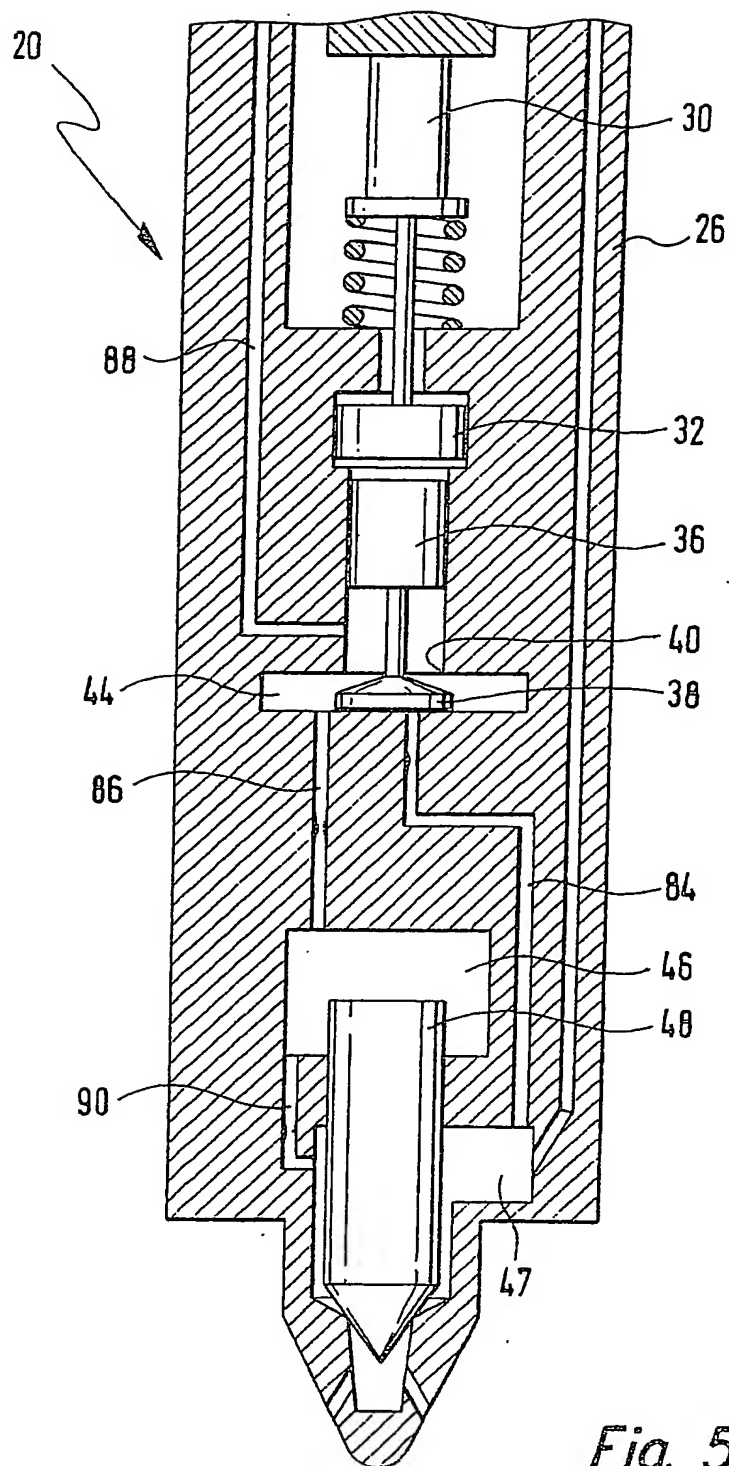


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International . . . ion No

PCT/DE 03/01762

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/22 F02D41/20 H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D H01L F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 198 199 B1 (FREUDENBERG HELLMUT ET AL) 6 March 2001 (2001-03-06) column 3, line 6-29; figure 1 column 4, line 19-56; claims 1,2 column 2, line 52-56	1,2,5,6, 8-11
X	EP 1 139 444 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraphs '0088!', '0093!', '0094!; claims 1,3,4	1,6
A	WO 99 67527 A (FREUDENBERG HELLMUT ;HECKER MARTIN (DE); PIRKL RICHARD (DE); GERKE) 29 December 1999 (1999-12-29) figures 1,2 page 6, line 27 -page 7, line 29; claims 1-3; figure 3	1,2,5-11
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2003

Date of mailing of the international search report

21/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ullivieri, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International / tion No
PCT/DE 03/01762

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 41 460 A (SIEMENS AG)	1
A	16 March 2000 (2000-03-16) column 4, line 42 -column 5, line 7; figure 1	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International / on No

PCT/DE 03/01762

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6198199	B1	06-03-2001	DE	19841002 C1	30-03-2000
			FR	2783053 A1	10-03-2000
EP 1139444	A	04-10-2001	EP	1139444 A1	04-10-2001
WO 9967527	A	29-12-1999	BR	9906558 A	15-08-2000
			CN	1273698 T	15-11-2000
			WO	9967527 A2	29-12-1999
			EP	1025595 A2	09-08-2000
			US	6472796 B1	29-10-2002
DE 19841460	A	16-03-2000	DE	19841460 A1	16-03-2000
			FR	2784204 A1	07-04-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Einzeichen
PCT/DE 03/01762

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F02D41/22 F02D41/20 H01L41/04		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F02D H01L F02M		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 198 199 B1 (FREUDENBERG HELLMUT ET AL) 6. März 2001 (2001-03-06) Spalte 3, Zeile 6-29; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 19-56; Ansprüche 1,2 Spalte 2, Zeile 52-56	1,2,5,6, 8-11
X	EP 1 139 444 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absätze '0088!', '0093!', '0094!; Ansprüche 1,3,4	1,6
A	WO 99 67527 A (FREUDENBERG HELLMUT ;HECKER MARTIN (DE); PIRKL RICHARD (DE); GERKE) 29. Dezember 1999 (1999-12-29) Abbildungen 1,2 Seite 6, Zeile 27 -Seite 7, Zeile 29; Ansprüche 1-3; Abbildung 3	1,2,5-11
--/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist 'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist 'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist '&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 13. Oktober 2003		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/10/2003
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Olivieri, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Patentamt
PCT/DE 03/01762

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 41 460 A (SIEMENS AG)	1
A	16. März 2000 (2000-03-16) Spalte 4, Zeile 42 -Spalte 5, Zeile 7; Abbildung 1	2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale: eichen
PCT/DE 03/01762

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6198199	B1	06-03-2001	DE	19841002 C1	30-03-2000
			FR	2783053 A1	10-03-2000
EP 1139444	A	04-10-2001	EP	1139444 A1	04-10-2001
WO 9967527	A	29-12-1999	BR	9906558 A	15-08-2000
			CN	1273698 T	15-11-2000
			WO	9967527 A2	29-12-1999
			EP	1025595 A2	09-08-2000
			US	6472796 B1	29-10-2002
DE 19841460	A	16-03-2000	DE	19841460 A1	16-03-2000
			FR	2784204 A1	07-04-2000